

Martensitic transformation and deformation behavior in Ti-Ni-Cu and Ti-Ni-Cu-X shape memory alloys

| | |
|------|---|
| 著者 | 譚 石明 |
| 内容記述 | Thesis (Ph. D. in Engineering)--University of Tsukuba, (A), no. 1894, 1998.3.23 |
| 発行年 | 1998 |
| URL | http://hdl.handle.net/2241/3120 |

| | |
|-----------|---|
| 氏 名(国 籍) | 譚 石 明 (中 国) |
| 学 位 の 種 類 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 博 甲 第 1,894 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 10 年 3 月 23 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 |
| 審 査 研 究 科 | 工 学 研 究 科 |
| 学位論文題目 | Martensitic Transformation and Deformation Behavior in Ti-Ni-Cu and Ti-Ni-Cu-X Shape Memory Alloys (Ti-Ni-Cu と Ti-Ni-Cu-X 形状記憶合金のマルテンサイト変態及び変形挙動) |
| 主 査 | 筑波大学教授 工学博士 大 塚 和 弘 |
| 副 査 | 筑波大学教授 工学博士 水 林 博 |
| 副 査 | 筑波大学教授 工学博士 斉 藤 正 克 |
| 副 査 | 筑波大学教授 工学博士 宮 崎 修 一 |
| 副 査 | 金属材料技術研究所 工学博士 石 田 章 サブグループリーダー |

論 文 の 内 容 の 要 旨

本研究は、 $\text{Ti}_x\text{Ni}_{(92-x)}\text{Cu}_8$ (at%) ($X=49.0-51.0$) 三元系合金及び Ti-Ni-Cu-Cr (Fe) 四元系合金について、変態挙動、形状記憶特性及び超弾性特性に及ぼす組成と熱処理温度の影響を、引張試験機、DSC (示差走査熱量計)、X 線回折、TEM (電子顕微鏡観察) 等の手法を用いて、系統的に調べたものである。

まず第一章では、高周波真空溶解法により十種類の $\text{Ti}_x\text{Ni}_{(92-x)}\text{Cu}_8$ (at%) ($X=49.0-51.0$) 合金を作製し、Ti-Ni-Cu 合金の変態挙動に及ぼす Ti 濃度の影響を調べた。これらの試料にさまざまな温度で熱処理を施し、変態温度の Ti 濃度依存性を調べた結果、変態温度は、Ti 濃度と熱処理温度に強い依存性を示すことが明らかになった。これらのデータに基づいて Ti-Ni-8.0Cu (at%) 合金の状態図の一部を提案した。この状態図は三つの領域に分けられる。すなわち、B2 単相領域、B2 と $\text{Ti}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_2$ 析出物が共存する領域、B2 と $\text{Ti}_2(\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y)$ 析出物が共存する領域である。この状態図により変態温度の Ti 濃度依存性が説明できた。

第二章では、 $\text{Ti}_x\text{Ni}_{(92-x)}\text{Cu}_8$ (at%) ($X=49.0-51.0$) 合金の変形挙動に及ぼす Ti 濃度と熱処理温度の効果を調べた。様々な応力下の熱サイクル試験により、これらの合金の応力誘起マルテンサイト変態歪み (ϵ_M)、回復歪み (ϵ_A)、塑性歪み (ϵ_p) 及び臨界すべり応力 (σ_s) に及ぼす Ti 濃度と熱処理温度の効果を明らかにした。また、格子定数の Ti 濃度依存性は、X 線回折により測定した。いずれの熱処理材でも、 ϵ_M は、50.0% Ti 濃度の試料が Ti リッチ及び Ti プアー試料より大きい値を示した。 $\text{Ti}_2(\text{Ni}_{1-y}\text{Cu}_y)$ 及び $\text{Ti}(\text{Ni}_{1-x}\text{Cu}_x)_2$ の析出物がそれぞれ Ti リッチ及び Ti プアー合金に存在するので、これらの析出物がマルテンサイト変態歪みの形成に障害物となるため、本合金系における ϵ_M の強い Ti 濃度依存性は、析出物等の内部組織の状態と関係していると結論できた。 ϵ_A 、 ϵ_p 、及び σ_s に及ぼす Ti 濃度と熱処理温度の効果も、析出物を考えることにより基本的な理解ができた。

第三章では、 $\text{Ti}_x\text{Ni}_{(92-x)}\text{Cu}_8$ 形状記憶合金の超弾性に及ぼす Ti 濃度の効果を調べた。八種類の $\text{Ti}_x\text{Ni}_{(92-x)}\text{Cu}_8$ (at%) ($X=49.0-51.0$) 合金の応力-歪み曲線を、引張試験によりいろいろな温度で測定した。その結果に基づいて、超弾性回復歪み (ϵ_A) と応力ヒステリシス ($\Delta\sigma$) に及ぼす Ti 濃度の効果を調べた。この

結果, 50.0at% Ti 濃度合金は, Ti リッチ及びTi プアー合金より大きい ϵ_A を示すことが判った。また, Ti プアー合金に存在する $Ti(Ni_{1-x}Cu_x)_2$ 析出物が $\Delta\sigma$ を特に増加させる効果を有し, Ti リッチ合金に存在する $Ti_2(Ni_{1-y}Cu_y)$ 析出物は $\Delta\sigma$ にあまり影響を与えないことが判った。

第四, 五章では, 一定応力下の熱サイクル試験により, 冷却時の応力誘起マルテンサイト変態及び加熱時の逆変態に伴い形成される塑性変形を分離して詳しく調べた。また, 一定温度下の応力-歪み試験により, 応力誘起マルテンサイト変態に伴う塑性変形が超弾性を抑え変態挙動を変える理由を検討した。

第六, 七章では, 第四元素 (Cr 又は Fe) の添加により, Ti-Ni-Cu 合金の変態挙動に及ぼす第四元素の効果を調べると共に, Ti-Ni-Cu-X (Cr 又は Fe) 四元合金の超弾性特性が室温で現われる条件を明らかにした。さらに, Cr は Fe より変態温度を下げる効果を強く現し, $\Delta\sigma$ を効果的に下げることが判った。また, Cr 或いは Fe の添加は, 臨界すべり応力を増やすので, 超弾性変形の安定化に効果のあることも明らかになった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

著者は, Ti-Ni-Cu 三元合金について, Cu 濃度を8.0at%の一定値にし, Ti 濃度を49.0at%から51.0at%までの間で変化させて, 変態挙動, 形状記憶特性及び超弾性特性に及ぼす Ti 濃度と熱処理温度の影響を系統的に明らかにした。また, Ti-Ni-Cu 合金に, 第四元素としてFe 又はCr を添加することにより, 室温で小さい応力ヒステリシスの超弾性を実現できることを示した。これらの結果は, Ti-Ni 系形状記憶合金の開発に大きな寄与をしたものとして高く評価される。今後の著者の研究活動に期待が持たれる。

よって, 著者は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。